

- ЖБИ (без КПД) – 11–12%,
- товарный бетон – до 10%,
- щебень – 8–9%,
- песок – 7–8%.

Падение на конкретном рынке тем больше, чем меньшая доля потребления приходится на дорожно-инфраструктурное строительство, так как мы выше предположили, что уменьшения объемов производства работ в данном сегменте не произойдет.

Снижение емкости рынков кровельных, оконных конструкций и отделочных материалов может в основном прийти на 2010 год, вследствие прогнозируемого уменьшения объемов ввода объектов в этом году. Для производителей данных видов материалов основные сложности в 2009 году могут возникнуть в связи с уменьшением платежеспособности строителей.

Описанные последствия можно охарактеризовать скорее как достаточно позитивный вариант развития событий, так как при неблагоприятной внешней конъюнктуре объемы строительства могут снизиться на больший объем, а выход из кризиса затянуться на несколько лет.

ВЫВОДЫ

В целях успешного антикризисного управления и благоприятного выхода из кризиса для менеджеров компаний в строительной отрасли, а также, производителей строительных материалов, оптимальной является разработка нескольких вариантов действий, а выбор базового сценария зависит от степени оптимизма и склонности к риску.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абалкин Л. Логика экономического роста. – М.: ИЭ РАН, 2003.
2. Бурлачков В. Современные проблемы теории валютного курса // Вопросы экономики, 2002, № 3.
3. Бурлачков В. Денежная теория и динамичная экономика: выводы для России. – М.: УРСС, 2003.
4. История экономических учений. Под ред. Адв. В.С. ЮНИТИ. 2002
5. Макконнели К., Брю С. Экономика: Принципы, проблемы и политика: в 2 томах. М. Республика, 1992 г. т. 2, стр.380 – 392.
6. Долженкова Л.Д. «Кризисы и реформа», М., 2004
7. Журнал «Эксперт», №1/2009г. «Как сохранить деньги во время кризиса».

УДК 665.45.03

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРОБЛЕННОЙ РЕЗИНЫ В СОСТАВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

В.Л. Свиридов, Е.Ю. Махров, Е.В. Дементьева

В работе представлены результаты экспериментальных исследований по применению мелкодисперсной резиновой крошки в составе асфальтобетонных смесей.

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, битум, резиновая крошка, комплексный модификатор асфальтобетона, термостатирование, прочность, долговечность.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с увеличением количества автомобилей, постоянным ростом транспортных нагрузок на дороги, в России наиболее остро обозначились две проблемы в двух, на первый взгляд как будто бы различных, но связанных между собой сферах деятельности.

В дорожной – это проблема битумных вяжущих, свойства которых определяют срок службы асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.

В экологической - проблема утилизации изношенных шин, огромное количество которых образуется в процессе эксплуатации ав-

томобильной техники.

Очевидно, что давняя идея совместного решения этих проблем способна воплотиться в практику только в случае достижения действительно неординарных и экономически эффективных результатов в деле улучшения качества и долговечности асфальтобетонных дорожных покрытий при соединении их с резиной из шин. Только в этом случае шоссе может стать местом, где резина встречается с резиной, проявляя свои лучшие качества и принося только дополнительную пользу.

Первые упоминания о введении резины в битум появились почти сто лет назад. С 30-х годов прошлого века предпринимались многочисленные попытки утилизировать резину пу-

тем введения в битумы и асфальтобетоны в надежде придать вяжущим материалам и изделиям на их основе резиноподобные свойства. Были разработано множество технологических схем и методов прямого введения резины в асфальтобетонные смеси, использования резиновой крошки как наполнителя в дорожно-строительных материалах [1, 2]. Были построены сотни экспериментальных участков дорог, покрытий мостов и аэродромов, которые вначале показывали чудесные характеристики, но затем быстро разуплотнялись и разрушались. Резиновая крошка выкрашивалась из покрытий и практически в неизменном виде разносилась ветром, загрязняя окрестности.

В других известных методах, основанных на разложении и девулканизации резины в битумах при высоких температурах, происходил выброс токсичных веществ, содержащихся в резине, а образовавшиеся низкомолекулярные каучуковые фрагменты лишь пластифицировали битум, снижая и без того низкие сдвиговые показатели и адгезию. Кроме того, мелкодисперсная сажа из резины, попадая в битум, становилась дополнительным источником центров кристаллизации, резко снижая стабильность вяжущих и устойчивость к старению под действием неблагоприятных факторов окружающей среды.

По тем же причинам не оправдали себя и способы введения в битумы мелкодисперсных резиновых порошков с сильно развитой, а также модифицированной поверхностью.

Таким образом, почти вековой отрицательный опыт применения резиновых отходов в дорожном строительстве скомпрометировал в глазах специалистов-дорожников саму идею использования резины (вулканизированного каучука) в дорожных материалах.

Очевидно, что ключевым звеном, позволяющим грамотно и правильно решить эту задачу, должна стать технология соединения отходов резины с нефтяными битумами, максимально учитывающая всю сложность химических процессов, происходящих как в исходных битумах и их смесях с резиной, так и в конечных продуктах – асфальтобетонах и дорожных покрытиях. Причем решать задачу нужно исходя из необходимых параметров дорожных покрытий и асфальтобетонов, а не из эмпирических представлений о полезности резины в битуме и асфальте. В результате такой технологии должны быть получены составы асфальтобетонных смесей, применение которых должно заметно и долговременно улучшать покрытия дорог, особенно в резко усложнившихся условиях их эксплуатации. Благодаря улучшению характеристик полу-

чаемого вяжущего, срок службы асфальтобетонных покрытий должен быть повышен в среднем в 2-3 раза за счет более высоких трещино-, водо-, морозо- и сдвигоустойчивости получаемого асфальтобетона. Такие покрытия должны снизить уровень шума и вибрации, возможность образования ледяной корки, повысить сцепление, сократить тормозной путь.

Только экономически и технически эффективное решение экологической проблемы масштабной утилизации отходов резины может привести к резкому прорыву в области повышения долговечности асфальтобетонных покрытий, поскольку потребности дорожной отрасли страны в высококачественных органических вяжущих и изделиях на их основе очень велики.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Свойства битумов зависят как от стабильности коллоидных частиц во времени, так и от размеров коллоидных частиц, силового взаимодействия их внешних сольватных слоев. Лучшими битумами считаются такие, в которых нестабильных молекул минимальное количество или их заменяют молекулы периферийных сольватных слоев коллоидных частиц. Ядра этих частиц компактны и содержат малое число неспаренных электронов. Такие битумы получают по прямому вакуумным технологиям без дополнительной термообработки, они наиболее устойчивы к старению и стабильны во времени. Похожую структуру и высочайшую стабильность имеют природные битумы.

За рубежом битумы необходимого состава, как целевые продукты, получают методом низкотемпературной вакуумной отгонки практически из исходной нефти. В России, в силу сложившихся обстоятельств, широко развилась технология получения битумов по технологии высокотемпературного барботажного окисления (окислительного дегидрирования). При этом смешанные остатки (другими словами - отходы) различных процессов переработки нефти переводятся в более твердый продукт (битум) за счет того, что из части углеводородных молекул кислород воздуха вырывает водород с образованием свободных радикалов и паров воды. Если такой процесс вести в мягких условиях в присутствии катализаторов в течение длительного времени, то возникающие при этом новые коллоидные частицы практически такие же, как и в остаточных битумах. Однако на нефтеперерабатывающих заводах температуру и скорость подачи воздуха поднимают до максимально возможного

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРОБЛЕННОЙ РЕЗИНЫ В СОСТАВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

предела, чтобы сократить время ведения процесса до 5-8 часов при относительном достижении нормируемых требований к физико-механическим параметрам битума. В этих условиях концентрация свободных радикалов сильно возрастает, образуется большое количество нестабильных коллоидных центров, содержащих в своей основе избыток электронов с высокими энергиями. Происходит ускоренная рекомбинация свободных углеводородных радикалов, и при этом скорость роста кристаллических графитоподобных образований становится очень высокой. У таких «окисленных» битумов резко уменьшается стабильность и устойчивость к старению. Уменьшается стойкость вяжущих к воде и растворам солей, снижаются адгезионные свойства.

Несмотря на принимаемые в дорожной отрасли меры, битумы для дорожного строительства продолжают выпускаться по остаточному принципу при общей топливной направленности технологии нефтепереработки. Но даже битумы, удовлетворяющие всем нормативным требованиям, не обеспечивают свойств асфальтобетонов, необходимых при изменившихся условиях эксплуатации.

Обычно дорожные битумы имеют интервал пластичности не выше 60-65 °С, что явно недостаточно для устройства верхних слоев покрытий в климатических условиях большинства регионов России. В частности, в Сибири за один весенне-осенний сезон наблюдается от 90 до 120 переходов температуры окружающей среды через критическую точку 0 °С. Кроме того, у вязких дорожных битумов при имеющихся условиях нагружения практически отсутствуют упругие свойства. А от этого зависит способность асфальтобетона сопротивляться разрушению под действием периодических воздействий колес автомобилей.

Фактически наблюдается исчерпание возможностей окисленных нефтяных битумов, как вяжущих для асфальтобетонов. Отечественные нефтяные битумы по самой своей природе не могут обеспечить необходимую надежность асфальтобетонных покрытий дорог в условиях увеличивающихся транспортных нагрузок и поэтому принципиально требуют модификации для улучшения не только физико-механических, но и химических свойств.

Совместная работа специалистов ГП «РосДорНИИ», НПФ «Инфотех» и РАН по анализу эффективности известных способов модифицирования битумов позволила сделать вывод, что одним из наиболее перспективных способов является использование в качестве модифицирующего компонента рези-

новой крошки. Резина, являясь эластомерным материалом с уникальным комплексом свойств, по сравнению с каучуками, намного более устойчива к окислительному воздействию кислорода воздуха. Она отличается высокой устойчивостью к воде и солевым растворам. Кроме того, важной особенностью резиновой крошки, особенно шинной, является присутствие в ее составе специальных химических веществ - антиоксидантов, антистарителей, антиозонантов и др. Их присутствие сможет обеспечить повышение устойчивости вяжущего материала к окислительной деградации в условиях эксплуатации. Замедлятся процессы старения при эксплуатационных температурах и в условиях нагрева до высоких технологических температур.

В результате многочисленных опытно-экспериментальных и исследовательских работ, проведенных в период 1996-98 гг., специалистами компании «Инфотех» и РАН была предложена и запатентована достаточно простая в исполнении химическая технология, которая позволяет при соединении резины и отечественных нефтяных битумов получить не совсем привычное для наших дорожных специалистов композиционное битуморезиновое вяжущее. В результате проведения специфических полимеризационных и химических процессов в смеси битума и мелкодисперсной резиновой крошки был получен материал, который исправил не только физико-механические, но и химические свойства окисленных битумов.

Поскольку резина в шинах, даже изношенных, отличается отменным уровнем химического качества, то можно с уверенностью утверждать, что этот вид отходов при их грамотной переработке и правильном применении становится особо ценным вторичным сырьем. В правильном и взаимодополняющем сочетании полезных свойств двух различных компонентов и состоит идея новых вяжущих материалов для асфальтобетонов.

Разработанные и запатентованные Марченко А.П., Смирновым Н.В. и другими БИТумно-Резиновые Экологически чистые Композиционные вяжущие (сокращенно - БИТ-РЭК), представляют собой химически обработанную смесь окисленных битумов с достаточно мелкой резиновой крошкой. Технология, по которой они производятся, основана на добавлении в смесь битума с резиновой крошкой комплекса специальных реагентов-катализаторов, определенным образом регулирующих процессы деструкции и сшивки каучуковых цепей резины и высокомолекулярных компонентов битума.

При создании в смеси битума и резиновой крошки условий для специфической ступенчатой полимеризации в режиме «живых» цепей, частицы резины, абсорбировавшие часть жидких фракций битума, объединяются как между собой, так и с высокомолекулярными компонентами битума. С помощью достаточно прочных химических связей образуется гетерогенная, армирующая, полимерная пространственная структура, плотность сшивки которой зависит от температуры. За счет такой структуры у вяжущего появляется достаточно высокая эластичность.

Дополнительную стабильность всей дисперсной гетерогенной системы, высокую и долговременную адгезию вяжущего обеспечивают полярные молекулярные группы, введенные в большом количестве в материал в процессе его приготовления. С одной стороны, эти группы повышают полярность крупных углеводородных молекул битума, что стабилизирует гетерогенную структуру вяжущего, с другой стороны, резко повышают плотность межмолекулярных (ассоциативных) связей, которые отвечают за адгезию материала. Причем большая часть адгезионоактивных групп химически связывается с каучуковыми цепями резины, специально подготовленными для этой операции на начальном этапе. В этом состоит принципиальное отличие повышения адгезионных свойств материалов БИТРЭК от их повышения при введении и растворении поверхностно-активных добавок. Адгезионные свойства присущи самому материалу композиционного резинобитумного вяжущего.

Вещества, участвующие в полимеризационном процессе, позволяют практически полностью локализовать подвижные неспаренные электроны проводимости в коллоидных частицах окисленного битума и добиться их стабилизации. Коагуляция и конденсация кристаллоидных графитоподобных образований в данном случае сильно кинетически и стерически затруднены, и старение не происходит. Как и гелеобразование, которое нередко случается при модифицировании битумов каучуками, приводящее к расслаиванию вяжущего. Это происходит по причине нарушения равновесия и стабильности коллоидного состояния дисперсной системы из-за конкуренции высокомолекулярных полярных битумных компонентов и молекул введенного полимера по отношению к жидкой дисперсионной фазе.

Введение в окисленные битумы потерянных в процессе нефтепереработки компонентов и создание условий для химического

восстановления повреждений коллоидной и молекулярной структуры позволяет придать им стабильность, сходную с природными. Каучуковые молекулярные цепи мелкодисперсных частиц резины в данном случае являются субстратом, благодаря которому становится возможным хотя бы относительный возврат к свойствам природных нефтей и битумов.

При использовании композиции предпочтительно, чтобы частицы резины имели размеры 0,001 - 0,5 мм, но можно использовать частицы с более крупными размерами до 3-5 мм. К числу свободных стабилизирующих радикалов, коренным образом меняющих свойства отечественных окисленных битумов, можно отнести нитроксильные, трифенилметильные и т. п. Они образуются при распаде соответствующих соединений, могут быть получены извне или генерированы в самой композиции. Особенностью таких радикалов является то, что они имеют обычно объемные заместители или другие особенности строения, увеличивающие срок их существования по сравнению с коротко живущими радикалами. Это и позволяет вводить их после получения извне или любым известным способом в присутствии добавок, инициирующих или катализирующих процесс образования таких радикалов при наличии соединений, которые распадаясь, дают стабильные радикалы. Соединения, которые таким образом распадаются, могут присутствовать в самом битуме. Процесс образования стабильных радикалов ускоряют радикальные инициаторы - катализаторы. Наиболее доступны в этом плане перекисные катализаторы, такие как дициклогексилпероксидкарбонат, дикумилпероксид, дибензоилпероксид и др. Образованию стабильных свободных радикалов способствуют соединения переходных металлов. Среди соединений переходных металлов подходят порфирины, фталоцианины таких металлов, как кобальт, ванадий, никель, а также кобальтокси. Подходящими соединениями являются соединения меди, железа, рутения, никеля с галогенами, возможно, в сочетании с органическими лигандами и с активаторами. Среди органических лигандов подходят трифенилфосфин, бипиридин, пентаметилдиэтилентетрамин, возможно, с заместителями алкильной неразветвленной или разветвленной природы. Активаторами могут быть тетрагидрид углерода, фенилэтилбромид и др.

Температурная зависимость вязкости вяжущего БИТРЭК в пределах эксплуатационных температур заметно отличается от обычных битумов. Температура размягчения

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРОБЛЕННОЙ РЕЗИНЫ В СОСТАВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

повышается, снижается температура хрупкости, расширяется интервал пластичности.

Практически вне зависимости от качества исходного битума, вяжущее БИТРЭК становится устойчиво к воздействию высоких технологических температур (более 180-200 °С). Вяжущее имеет вполне достаточную деформативность и эластичность, включает более 30 % по объему гетерогенных частиц резины, имеющих температуру стеклования не выше 70 °С. Для обычных дорожных битумов такие свойства просто недостижимы.

Материалы БИТРЭК предназначены для использования в качестве вяжущих в составе традиционных асфальтобетонных смесей и служат для повышения трещиностойкости, сдвигоустойчивости и коррозионной устойчивости асфальтобетонных дорожных покрытий, повышения их эксплуатационной и усталостной долговечности, продления межремонтных сроков службы.

Следует отметить, что существует оптимальный набор характеристик резиновой крошки для применения в составе БИТРЭК. Это должна быть крошка из резин общего назначения, набухающих в нефтепродуктах, с размерами частиц от 0,2 до 0,6 мм. Такая крошка дает самые высокие и стабильные результаты в составе композиционных вяжущих для производства дорожных асфальтобетонных покрытий и наиболее подходит для объединения с нефтяными битумами по разработанной химической технологии.

Анализ экспериментальных данных показывает, что асфальтобетон на вяжущем БИТРЭК, содержащем 10 % резиновой крошки, способен выдержать такое же количество нагружений, как и асфальтобетон на модифицированном СБС-полимерами битуме. Литые и щебнемастичные асфальтобетоны (ЩМА) на вяжущем БИТРЭК выдерживают в среднем в 2 раза больше нагружений, чем на ПБВ, приготовленном по стандартному регламенту, и в 7-8 раз больше, чем на дорожном битуме.

Кроме этого, частицы резиновой крошки в структуре асфальта являются элементами, демпфирующими внутренние нагрузки, а также центрами торможения и остановки распространения всех видов трещин. Отсюда пониженная склонность таких асфальтов к образованию температурных и отраженных трещин.

Благодаря таким характеристикам вяжущего, как высокая устойчивость к старению и деградации свойств, высокая адгезия, газо- и водостойкость, срок службы асфальтобетонных покрытий, приготовленных с применением вяжущего БИТРЭК, как правило, более

чем вдвое превышает срок службы покрытий с использованием традиционных битумов при тех же условиях эксплуатации. Использование подобных комплексных вяжущих позволяет практически полностью использовать ресурс свойств дорогостоящих высокопрочных и трудноистираемых щебней.

Апробацию в производственных условиях прошли и показали положительные результаты такие асфальтобетоны на вяжущих БИТРЭК как уплотняемые по ГОСТ 9128-98, многощебенистые, щебеночно-мастичные и литые. Следует подчеркнуть, что изготавливались эти материалы из не самых высококачественных компонентов, а из имеющихся окисленных дорожных битумов, отходов резины и имеющихся в данный момент в дорожно-строительных организациях минеральных компонентов. Рассмотренные типы асфальтобетонов на новом вяжущем рассчитаны на применение в условиях резкого роста всех видов транспортных нагрузок, техногенных и климатических воздействий, которые произошли на дорогах за последнее время. Для всех опробованных видов асфальтобетонов на основе вяжущих БИТРЭК выпущены технологические регламенты изготовления, разработана и регламентирована технология укладки и уплотнения, составлены рекомендации по их применению [3, 4].

Асфальтобетоны на вяжущем БИТРЭК целесообразно использовать в качестве верхних слоев износа при строительстве и ремонте покрытий автомобильных дорог. Такие покрытия позволяют снизить уровень шума и вибрации, уменьшить возможность образования ледяной корки, повысить сцепление, сократить тормозной путь и, кроме того, могут иметь в 1,5-2 раза меньшую толщину по сравнению с традиционными покрытиями.

Единственным непреодолимым недостатком, сдерживающим повсеместное внедрение данных составов и технологии, служит необходимость получения такого вяжущего с модификаторами в отдельном смесителе при более высоких температурах, нежели традиционная асфальтобетонная смесь. Полученное по «мокрой технологии» вяжущее может храниться не более трех суток в разогретом до рабочей температуре состоянии при постоянном перемешивании, чтобы не было «пригорания» резины к поверхностям разогретых трубопроводов подачи вяжущего. Готовое вяжущее необходимо доставлять на АБЗ специализированным транспортом типа автогудронаторов. В условиях территориальной отдаленности и небольших объемах дорожного строительства каждой

дорожной организации централизованная поставка комплексного вяжущего БИТРЭК неэффективна.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Попытки использовать уникальную способность резины пластифицировать битумное вяжущее и устранить проблему медленной смачиваемости резинового порошка в битуме не прекращаются до сих пор. Одной из таких попыток получить асфальтобетон с добавкой резины по «сухой технологии» служит разработка ООО «КОЛТЕК ИНТЕРНЭШНЛ» Комплексного Модификатора Асфальтобетона КМА Колтек®. Комплексный модификатор асфальтобетона в соответствии с СТО ТУ 5718-027-17423242-2009 «...производится из мелкодисперсного активного резинового порошка с развитой поверхностью, минерального наполнителя, гелеобразователя, адгезива и сшивающего агента методом смешения. Возможно использование технического углерода, красителей или других добавок в количестве не более 3 % от общей массы сырья» [5].

Механизм взаимодействия модификатора с битумом, по мнению разработчиков, заключается в следующем: КМА частично растворяется в битуме, входя в состав композиционного материала, образует дисперсную фазу в нем в виде набухших в битуме частиц резины. Это обеспечивает повышенную когезионную прочность и проявление эластичных свойств, что положительно сказывается на характеристиках асфальтобетонных смесей.

Точный состав разработчики продукции, как и следовало ожидать, не указывают, однако некоторые особенности состава, свойств, а также применения в качестве модифицирующей добавки в асфальтобетонные смеси можно выяснить из текста нормативно-технической документации и публикаций рекламного характера, имеющих в свободной печати и Интернете. В качестве минерального наполнителя применяется волластонит (раздел 2 ТУ «Требования безопасности»). Гелеобразователем (и, вероятнее всего, одновременно и сшивающим агентом) служит канифоль (характерный запах канифоли при органолептическом изучении готового продукта). Противостарителем выступает технический углерод (сажа), традиционно применяющийся при производстве резины из каучуков, полимерпесчаной черепицы из полиэтиленов, полипропиленов и других высокомолекулярных органических соединений. Все остальные заявленные добавки (повышающие адгезию,

облегчающие смачивание резинового порошка с битумом) либо отсутствуют, либо находятся в следовых количествах. Если допустить, что в составе комплексного модификатора имеется достаточное количество добавки, облегчающей смачивание резинового порошка с битумом, то возникает вопрос, почему в Рекомендациях по подбору состава асфальтобетонных смесей с КМА Колтек® в лабораторных условиях необходимо температуру приготовления смеси увеличивать до 180 °С с обязательным термостатированием при данной температуре в течение не менее 30 минут.

Проектирование составов смесей с добавкой КМА проводится по общепринятой методике. Авторы рекомендуют для повышения прочности при растяжении применять дозировку модификатора в количестве 0,3-0,7 % от минеральной части, что составляет 5-10 % от массы битума. Если основной целью ставится задача повышения прочности при сжатии, при сдвиге, а также увеличение сцепления, то рекомендуется вводить 0,5-1,5 % КМА от минеральной части или 7-20 % от массы битума. При содержании модификатора менее 0,7 % корректировку минеральной части можно не производить. При более высоком содержании КМА производят уменьшение мелкого заполнителя на ситах 0,315 и 0,14 мм на количество вводимого модификатора.

Критерием оптимальности при подборе составов асфальтобетонов с добавкой КМА является снижение водонасыщения при небольшом росте или сохранении плотности. Увеличение прочности при сжатии при +20 °С и +50 °С происходит с сохранением или незначительным снижением прочности при 0 °С. Возможное снижение водонасыщения ниже 1,0 - 1,5 % ведет к увеличению водо-, морозо- и коррозионной стойкости асфальтобетонов с одновременным улучшением его трещиностойкости и усталостной прочности. Корректировка водонасыщения уменьшением количества битума в таких случаях приводит к потере преимуществ модифицированного асфальтобетона.

Для приготовления образцов модифицированного асфальтобетона рекомендуются оптимальные температурные и временные режимы: - температура приготовления смеси – 180 °С; - время термостатирования смеси при рабочей температуре 180 °С для завершения всех химических процессов взаимодействия модификатора Колтек® с битумом – не менее 30 минут; - температура уплотнения смеси – 160 °С.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРОБЛЕННОЙ РЕЗИНЫ В СОСТАВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С целью выявления эффективности применения комплексного модификатора асфальтобетона Колтек® в составе традиционных для Сибирского региона горячих мелкозернистых асфальтобетонных смесей типа Б марки I совместно с краевым государственным учреждением «Алтайавтодор» были сравнены результаты полученных свойств модифицированных резиной асфальтобетонных смесей с составами без добавки модификатора, чтобы сделать окончательные выводы о целесообразности и эффективности применения КМА, или об отсутствии эффекта от вводимого модификатора.

Неоднократные попытки смешать битум марки БНД 90/130 с добавкой 20 % комплексного модификатора асфальтобетона увенчались успехом только при температуре битума не менее 140 °С (таблица 1). Полученное вяжущее характеризовалось неоднородностью своего состава. Только после продолжительного перемешивания в разогретом состоянии в течение не менее 15 минут была достигнута однородность смеси. Полученное таким образом комплексное вяжущее с непосредственным введением резинового модификатора в битум представляет собой не что иное, как вяжущее по технологии «мокрого введения» БИТРЭК.

Таблица 1 – Результаты испытаний битума марки БНД 90/130 с добавкой 20 % КМА Колтек® от массы битума

Наименование показателя	Значение показателя	Норма для марки БНД 90/130 по ГОСТ 22245-90	Соответствие марке, да/нет
Температура размягчения, °С	63	Не ниже 43	да
Изменение температуры размягчения после прогрева, °С	4	Не более 5	да
Температура хрупкости, °С	-28	Не ниже -17	да

Если вести речь о классическом применении «сухой технологии» использования комплексного модификатора Колтек® в составе асфальтобетонных смесей типа «Б» марки

I, то целесообразно вначале изучить свойства бездобавочного асфальтобетона указанного типа. Состав изучаемой смеси (масс %): щебень фракции 5-15 мм – 42; , песок из отсевов дробления – 48; песок природный – 10; битум марки БНД 90/130 – 5,3 % (сверх ста).

Как показали эксперименты (таблица 2), бездобавочный асфальтобетон по всем показателям полностью удовлетворяет требованиям ГОСТ 9128-97. Предварительное термостатирование повышает механические свойства ас

Таблица 2 – Результаты испытаний АБС типа «Б» марки I по классической технологии и после выдержки при 175 °С в течение двух часов

Наименование показателей	Значение по классической технологии	Требование ГОСТ 9128-97	Значение после термостатирования	
Истинная плотность, г/см ³	2,46		2,46	
Средняя плотность, г/см ³	2,37		2,37	
Остаточная пористость, %	3,66	от 2,5 до 5,0	3,66	
Водонасыщение, %	3,29	от 1,5 до 4,0	3,53	
Предел прочности при сжатии при 0 °С, МПа	9,17	Не более 11,0	10,17	
	при 20 °С, МПа	4,35	Не менее 2,5	5,18
	при 50 °С, МПа	1,98	Не менее 1,2	2,53
Водостойкость	0,96	Не менее 0,9	0,83	
То же, при длительном водонасыщении	0,86	Не менее 0,85	0,72	
Коэффициент внутреннего трения	0,82	Не менее 0,81	0,84	
Сцепление при сдвиге, МПа	0,88	Не менее 0,37	0,96	
Прочность на растяжение при расколе при 0 °С, МПа	3,79	Не менее 3,5, не более 6,0	4,15	
Пористость минерального остова, %	15,73	Не более 19	15,73	
Сцепление битумов с минеральной частью	выдерживает	выдерживает	выдерживает	

Для опробования влияния модификатора на свойства асфальтобетонных покрытий рекомендуется: а) при приготовлении АБС типа Б марки I за оптимальное количество модификатора Колтек® в смеси принять 0,6-0,7 % от массы минеральной части смеси; б) при приготовлении АБС выдерживать следующие температурные режимы: нагрев инертных материалов 160-170 °С, нагрев битума 130-140 °С, выпуск смеси при температуре 150 °С, по окончании приготовления смесь выдерживать в бункере в течение не менее 2-х часов, уплотнение смеси производить при ее температуре не менее 90 °С.

Таблица 3 – Результаты испытаний горячей АБС типа «Б» марки I с добавкой 0,7 % КМА из термостатированной при 155 °С в течение 2,5 часов смеси и изготовленной при 80-90 °С

Наименование показателей	Значение показателей	Требование ГОСТ 9128-97	Соответствие требованиям ГОСТ	
Истинная плотность, г/см ³	2,46	-	-	
Средняя плотность, г/см ³	2,38	-	-	
Остаточная пористость, %	3,66	от 2,5 до 5,0	Да	
Водонасыщение, %	2,09	от 1,5 до 4,0	Да	
Предел прочности при сжатии при 0 °С, МПа	9,13	Не более 11,0	Да	
	при 20 °С, МПа	4,63	Не менее 2,5	Да
	при 50 °С, МПа	2,10	Не менее 1,2	Да
Водостойкость	0,90	Не менее 0,90	Да	
То же при длительном водонасыщении	0,86	Не менее 0,85	Да	
Коэффициент внутреннего трения	0,90	Не менее 0,81	Да	
Сцепление при сдвиге, МПа	0,62	Не менее 0,37	Да	
Прочность на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	3,75	Не менее 3,5 не более 6,0	Да	
Пористость минерального остова, %	15,73	Не более 19	Да	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате лабораторных экспериментов показано, что «смачивание» резины в составе КМА Колтек® осуществляется только при температурах выше 150 °С в течение не менее 2-х часов.

2. Введение 0,7 % КМА от массы минеральной части асфальтобетонной смеси не приводит к значительным улучшениям физико-механических свойств по сравнению со смесью без модификатора, как было заявлено производителями модификато

Д Ы :

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРОБЛЕННОЙ РЕЗИНЫ В СОСТАВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

«мокрого введения» аналогична технологии БИТРЭКа.

4. Окончательные выводы об эффективности применения комплексного модификатора асфальтобетона Колтек® можно будет сделать после опытно-экспериментального апробирования в промышленных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по строительству асфальтобетонных покрытий с применением дробленой резины. - М.: СоюзДорНИИ, 1985.- 12 с.

2. ТУ 38-108035-97 Резина дробленая марок РД0,5; РД0,8; РД1,0; РД1,2; РД1,6; РД2,0; РД5,0; РД8,0; РД10,0

3. ТУ 5718-004-05204776-01 БИТРЭК – резинобитумный композиционный материал.

4. ОДМД «Рекомендации по применению битумно-резиновых композиционных вяжущих материалов для строительства и ремонта покрытий автомобильных дорог», № ОС-421-р, утверждены распоряжением Минтранса России от 12.05.2003 г.

5. ТУ 5718-027-17423242-2009 Комплексный модификатор асфальтобетона КМА КОЛТЕК®. Технические условия.

УДК 666.941

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ, ЗАТВОРЕННЫХ ВОДОЙ

И.Г. Сутула, Е.Н. Гущина

Рассмотрены свойства полученных магнезиальных вяжущих низкотемпературного обжига с различными добавками. Предложено применение в качестве затворителей, для получения материалов на основе высокоактивного каустического брусита, воды взамен используемых растворов солей магния.

Ключевые слова: брусит, магнезиальные вяжущие, вода.

ВВЕДЕНИЕ

Свойства магнезиальных вяжущих изучаются на протяжении более 200 лет. В 1837 году в работах Вика была отмечена возможность получения достаточно прочного раствора при затворении водой порошка каустического магнезита чистого или с добавлением 150% песка [1]. Однако, в ходе дальнейших исследований, были получены лучшие результаты при использовании растворов солей в качестве затворителей для оксида магния, полученного обжигом магнезита.

Учитывая известный факт влияния температуры обжига на свойства получаемых магнезиальных вяжущих веществ, можно сделать следующие выводы: – активность вяжущих, полученных при различных температурах термической обработки различна;

– для получения прочного магнезиального камня на основе отличных по активности магнезиальных вяжущих, могут применяться растворы солей различных концентраций (чем ниже температура обжига, тем ниже может быть концентрация соли в затворителе);

– при снижении температуры обжига сырья, значительно сокращается расход вяжущего для получения различных строительных материалов.

Поэтому перспективным является изучение магнезиального сырья, температура получения оксида магния из которого минимальная – *бруситовой породы*.

Кроме того, из всех видов высокомагнезиальных пород бруситовая содержит максимальное количество MgO (до 69 %). В нашей стране разрабатывается Кульдурское месторождение, которое занимает второе место по объему запасов и качеству продукции в мире. Брусит Кульдурского месторождения, с минимальным количеством примесей – первого и второго сортов, использует в основном огнеупорная промышленность, медицина, сельское хозяйство. Третий сорт, считаемый непригодным, накапливается в специальных отвалах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для получения магнезиальных вяжущих, согласно данным дифференциально-термического анализа достаточно температуры обжига 420 °С (рисунок 1).